Aus der Hautklinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. Wilhelm Schneider

Methodische Untersuchungen zur Messung von künstlichen Haarschäden durch Bestimmung der Färbegeschwindigkeit

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Heinz Gnirke
aus Crossen/Oder

1970

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547603_0088

Aus der Hautklinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. Wilhelm Schneider

Methodische Untersuchungen zur Messung von künstlichen Haarschäden durch Bestimmung der Färbegeschwindigkeit

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Heinz Gnirke
aus Crossen/Oder

1970

Dekan:	Professor J. Hirschmann
1. Berichterstatter:	Professor Dr. med. Tronnier
2. Berichterstatter:	Professor Dr. med. W. Schneider

FOTODRUCK PRÄZIS Barbara v. Spangenberg KG · Tübingen

Herrn Professor Dr. W. Schneider, Direktor der Universitäts-Hautklinik Tübingen, danke ich, daß er mir die Möglichkeit gab, diese Arbeit in seinem Hause durchzuführen.

Die Überlassung des Themas verdanke ich Herrn Professor Dr. H. Tronnier. Besonders dankbar bin ich, daß er während der Durchführung der Versuche laufend förderndes Interesse für die Ergebnisse gezeigt und bei auftretenden Schwierigkeiten wegweisende Ratschläge erteilt hat.

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Inhaltsverzeichnis

I Einleitung 1

II Methodik 3

III Ergebnisse 9

IV Prüfung der Signifikanz 19

V Diskussion und Zusammenfassung 22

VI Literaturverzeichnis 23

I. EINLEITUNG

Der Schaft des menschlichen Haares setzt sich aus drei Schichten zusammen:

1. einem äußeren Mantel, dem Haaroberhäutchen (Cuticula, Epidermicula),
2. der Zwischenmembran,
3. der Rindenschicht (Substantia corticalis, Cortex, Faserschicht),

und 4. dem zentralgelegenen Markkanal (Medulla, Substantia medullaris (10)).

Eine besonders große Bedeutung für die Widerstandsfähigkeit des Haares haben C u t i c u l a und Z w i s c h e n m e m b r a n . Sie bilden eine funktionelle Einheit und dienen zum Schutz der Rinden- und Markschicht gegenüber exogenen schädigenden Einflüssen (8).
Die auf das Haar einwirkenden Schädlichkeiten sind

Wärmestrahlung - Licht- und UV-Strahlen -
Chemikalien - mechanische Noxen.

Nach dem Zweiten Weltkrieg haben die zivilisatorisch bedingten Haarschäden sprunghaft zugenommen. Eine Untersuchung, die an der Tübinger Hautklinik durchgeführt wurde, ergab bei 85% der untersuchten Frauen und bei 9% der Männer Schäden des Haarschaftes: Trichoptilosis (Aufspaltung am Ende des Haares), Trichorrhexis nodosa (Aufsplitterungen in der Mitte des Haarschaftes) oder beide Krankheitsbilder. Da vorwiegend Frauen von diesen Haarschäden betroffen sind, ist FRIEDERICH der Auffassung, daß sie durch die heute üblichen Haarbehandlungsmethoden verursacht werden:

Chemische und thermische Haarverformung
Seifen und Shampoons
Färbe- und Bleichmittel
Mechanische Traumen wie Kämmen und Bürsten (8).

Häufig ist auch die Trichoklasie (abnorme Brüchigkeit der Haare), die durch die gleichen kosmetischen Manipulationen hervorgerufen wird (13).
Um die schädigende Wirkung der Kosmetika experimentell zu untersuchen, sind in der Literatur zahlreiche Methoden angegeben, die zum Teil zuerst in der Wollforschung angewandt wurden.

Untersuchung der Haaroberfläche

Geschädigte Haare zeigen eine veränderte Schuppenzeichnung (8). Die Darstellung der Cuticula durch direktes Anfärben des Haares (25, 26) eignet sich weniger, da durch die tiefer liegenden Schichten die Schuppenzeichnung undeutlich wird (8). Die von SAXINGER (21) und SCHRÖDER (22) angegebenen i n d i r e k t e n Methoden wurden von FRIEDERICH, RUTHER und BEYERSDORFER (1) weiter verbessert und vereinfacht. Der Haarschaft wird in gequollenes Polystyrol gepresst und der Abdruck mikroskopisch untersucht. Nachteilig ist, daß diese Methoden nur eine subjektive Beurteilung der Veränderungen zulassen.

Untersuchungen der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Haares

Hier sind besonders die Methoden von Bedeutung, die sich mit den mechanischen Eigenschaften wie Dehnung in Abhängigkeit von der Zeit (15, 10) oder von der angewandten Kraft, Reißfestigkeit TRONNIER und HÜSKE (23) befassen. Da eine in Einzelheiten gehende Darstellung in diesem Rahmen nicht möglich ist, möchte ich auf die Beschreibung dieser Untersuchungsverfahren durch HIRSCH (11) hinweisen.

WAGGONER und SCOTT (26) haben zur Feststellung von Haarschäden die R a u h i g k e i t durch die beim Kämmen entstehenden Geräusche, die mit dem Mikrophon verstärkt wurden, gemessen. TRONNIER untersuchte die Feuchtigkeitsabgabe UV-geschädigter Haare (24).

FREYTAG (6, 7) untersuchte hygroskopisches Verhalten und das Säurebindungsvermögen von verschieden behandeltem Humanhaar. Er wandte auch die in der Wollchemie üblichen Testmethoden der Harnstoff-Bisulfit-, Säure- und Alkalilöslichkeit bei menschlichem Haar an. BÖHME (2) führte papierchromatographische Untersuchungen an gesundem und krankem Haar durch. KLEMM, HAEFELE und THOMAS (14) untersuchten das Quellungsverhalten behandelter Haarfasern in Wasser und Lithiumbromidlösung. PREISINGER (zitiert bei TRONNIER 24) machte die Beobachtung, daß UV-geschädigtes Haar sich schneller als unbehandeltes Haar anfärben läßt. TRONNIER und KUHN-BUSSIUS entwickelten daraus eine Methode zur quantitativen Messung der Anfärbbarkeit UV-geschädigter Haare mit Oxydationsfarbstoffen (24).

Neben der experimentellen Prüfung von Haarkosmetika sind diese Methoden unentbehrlich zur Erkennung von Schäden des Haarschaftes, die durch kosmetische Manipulationen ausgelöst wurden. LUDWIG bezeichnet sie als diagnostische Hilfsmittel von begrenztem Wert, welche die persönliche Untersuchung durch einen in Haarerkrankungen erfahrenen Arzt ergänzen aber niemals ersetzen können (15).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist, das "Anfärbungsverhalten" von verschiedenartig geschädigten Haaren zu untersuchen und dabei festzustellen, ob die Methode statistisch signifikante Unterschiede liefert.

II. METHODIK

Da Haare eine sehr große Variabilität besitzen (5) und sich sogar beim einzelnen Individium in Länge, Dicke, Querschnittsform und chemischem Aufbau unterscheiden, wurde eine Methode gewählt, die es gestattet, an einem kurzen Haarabschnitt verschiedene Schädigungen

- UV Bestrahlung - Schädigung durch Na-Laurylsulfatlösung - Schädigung durch Schmierseifenlösung -

durchzuführen und anschließend den Grad der Schädigung durch Vergleich der Anfärbbarkeit der geschädigten Haare mit der

Anfärbbarkeit eines ungeschädigten Abschnittes festzustellen. Anfangs wendeten wir eine von PREISINGER und DRAEGER (18) angegebene Methode an, um den Färbevorgang am Haarschaft mikroskopisch beobachten zu können, bei der trotz der Quer- und Längsquellung des Haares jegliches Auswandern eines bestimmten Haarabschnittes aus dem Gesichtsfeld des Mikroskopes und aus der Schärfeebene verhindert wird: der Haarschaft wird auf der einen Seite fest auf den Objektträger, auf der anderen auf einen losen Deckglasstreifen aufgeklebt. Dieser wird mit zwei gestrafften Gummilitzen, die das Haar unter leichter Zugspannung halten sollen, an der anderen Seite des Objektträgers befestigt. Neben dem großen Aufwand bestand der Nachteil der Methode darin, daß nicht die zu vergleichenden Haare gleichzeitig gemessen wurden. Durch Schwanken der Netzspannung, des Mischungsverhältnisses der Farblösung und der Haarspannung waren Variable gegeben, die die Genauigkeit des Ergebnisses beeinträchtigten. Diese Schwierigkeiten konnten in der unten angegebenen modifizierten Methode ausgeschaltet werden.

1. Untersuchungsmaterial:

Es wurde "unbehandeltes", das heißt nicht gefärbtes, nicht blondiertes, nicht dauergewelltes weißes, hellblondes und dunkelblondes Kopfhaar von 30 Männern und Frauen verschiedenen Alters gewählt, das möglichst nahe der Kopfhaut abgeschnitten wurde. Das Haar sollte ein bis zwei Wochen nicht gewaschen sein. Ob das verwendete Material nicht doch schon vorgeschädigt war, konnte nicht überprüft werden. In Vorversuchen war festgestellt worden, daß sich dunkelbraunes bis schwarzes Haar schlecht eignet, da der Bereich einer meßbaren Anfärbung sehr klein ist. Die Messung der schädigenden Wirkung ist am genauesten, wenn die Schädigung am gleichen Substrat vorgenommen wird und die Messung der Anfärbung der zu vergleichenden Haarschäfte gleichzeitig in einer Farblösung durchgeführt wird.

2. Versuchsablauf:

Es wurde ein 48 mm langes Stück aus der Mitte eines einzelnen Haarschaftes in 4 gleichlange Teile von je 12 mm Länge zer-

schnitten. Diese wurden in zufälliger Reihenfolge verschiedenen Behandlungen unterworfen. In den ersten Versuchsreihen waren die Haare nur kürzere Zeit behandelt worden. Es zeigte sich aber, daß längere Behandlungen notwendig waren, um meßbar unterschiedliche Anfärbungen festzustellen. Weitere Testreihen zeigten, daß unbehandelte, nebeneinanderliegende Teile eines Haarschaftes sich unterschiedlich anfärbten. Die Ursache dürfte im unterschiedlichen Alter und damit der unterschiedlichen Primärschädigung der Abschnitte liegen. Bei einem Haarwachstum von 10 mm pro Monat (3) beträgt der Altersunterschied bei einem untersuchten Haarstück von 48 mm Länge etwa 3 Monate. Diese nicht sehr großen Unterschiede im Anfärbeverhalten wurden durch die zufällige Reihenfolge der Behandlung der verschieden stark primärgeschädigten Abschnitte in den 30 Versuchen ausgeglichen.

a) Behandlung:

ein Haarstück blieb unbehandelt und lieferte den Kontrollwert;

ein Abschnitt wurde 20 min. in 1%ige Na-Laurylsulfatlösung gelegt, anschließend in destilliertem Wasser 15 min. lang gespült und 20 min. auf Filterpapier bei Zimmertemperatur getrocknet;

zur Strahlenschädigung wurde ein Abschnitt aus 10 cm Entfernung 10 min. lang mit einer Osram-Vitalux(R) UV-Lampe bestrahlt;

ein Abschnitt wurde 20 min. in 1%ige Schmierseifenlösung gelegt, 15 min. in Aqua dest. gespült und 20 min. auf Filterpapier bei Zimmertemperatur getrocknet.

Das mikroskopische Präparat mußte folgenden Anforderungen genügen:

Die Haarschäfte sollten möglichst kurz sein,
sie sollten plan auf dem Objektträger liegen,
ein seitliches Auswandern aus dem Meßfeld während der Messung der Anfärbung mußte vermieden werden,
die Haarschäfte sollten unter der gleichen leichten Zugspannung stehen,

zwischen Deckglas und Objektträger durfte kein Farbstoff dringen,

die Messungen sollten möglichst schnell nach Aufbringung der Färbelösung beginnen.

b. Herstellung des Mikroskopischen Präparates

Um die Forderungen zu erfüllen wurde das mikroskopische Präparat in folgender Weise hergestellt: die 4 Haarstücke wurden auf einer Seite mit UHU-hart(R) fest auf einen Objektträger geklebt. Zur Anspannung der Haare diente eine rechteckige Gummimembran aus Kofferdamgummi, die bis zur Hälfte 3 mal eingeschnitten wurde, wodurch 4 gleichmäßig breite Streifen entstanden. Zum Einschneiden wurde das Gummi beidseitig mit Haftetiketten beklebt, wodurch sich sehr feine und gleichmäßige Streifen mit der Schere schneiden ließen. Nach dem Schneiden ließen sich die Etiketten leicht entfernen.
Um eine sichere Verbindung zwischen Haar und Gummistreifen zu erreichen wurden die freien Enden der Streifen ca. 2 mm in UHU-hart getaucht, wodurch sich "Klebstoffhülsen" um das Ende der Streifen bildeten. Hieran ließen sich die freien Haarenden sicher ankleben. Die Gummimembran wurde unter leichter Spannung an den Objektträger geklebt. Ein 5 mm breiter Deckglasstreifen, der aus einem Deckglas mit einem Diamantmesser geschnitten wurde und mit seitlich angekitteten Parafilmfolien verbreitert war, diente zur Abdeckung.

c) Anfärbung und gleichzeitige Messung der Anfärbung

Die Messung der Anfärbung wurde nach der Methode von TRONNIER und KUHN-BUSSIUS durchgeführt (24). Es wurde ein Leitz Universalmikroskop "Dialux" mit aufgesetzter Zeiss Mikrophotoeinrichtung verwandt. Diese besteht aus:

"Grundkörper II" mit Einstellokular,
festeingebauter Photozelle
Aufsatzkamera
und einem Meßverstärker.

Eichung:
1. Einschalten und 15 min. einbrennen lassen
2. Nullpunkt einstellen
3. Schalter auf 1000-fache Verstärkung stellen und den Dunkelstrom kompensieren, bis der Zeiger wieder auf Null steht.
4. Zur Messung 100-fache Verstärkung verwenden.

Der Grundkörper der Mikrophotoeinrichtung besitzt einen seitlich herausragenden Stift zur Wahl des Strahlenganges:

1. zum Einstellokular zum Beobachten und Einstellen des Objektes in das Bildfeld,
2. zum Meßkopf mit Photozelle,
3. die Stellung "zur Kamera" wurde nicht verwendet (16).

Als Lichtquelle diente die eingebaute 6V/15W-Lampe in Durchlichtanordnung. Die Aperturblende und der Kondensor wurden so eingestellt, daß bei hellblondem Haar eine Helligkeit von 95 Skt. gemessen wurde. Nach Einspannen des Präparates in den Objektführer des Kreuztisches konnten so nacheinander die 4 verschieden behandelten Haarstücke an einer genau wiederauffindbaren Stelle in das Messfeld der Photozelle gebracht werden. Die Vergrößerung wurde so gewählt, daß der Haarschaft das gesamte Bildfeld der Mikrophotoeinrichtung überdeckte. Stärkste Vergrößerung, keine Immersion, da der Schärfeverlust ohne Bedeutung war. Anschließend wurde die Färbelösung an den Rand des Deckglases getropft, sodaß sie

sich gleichmäßig unter dem Deckglas verteilte. Als Färbemittel wurde komerzielle Haarfarbe (Polycolor Creme-Haarfarbe Nr. 45, schwarz der Firma Thera Chemie, Düsseldorf) verwendet, die aus 0,5 ml weißer Creme (Oxydationsfarbe) und 30 mg Pulver (O_2-abspaltendes Salz) mit einem Holzspan in einer Glasschale angemischt wurde. Der Färbevorgang ist nach etwa 30 min. abgelaufen.

Zur Messung wurde jeweils

1. das Haar in das Bildfeld der Mikrophotoeinrichtung gebracht (Grundkörper Stellung 1 zum Einstellokular) und auf die tangential sichtbare Cuticula, das heißt auf den "Rand des Haares" scharf eingestellt,
2. der Stift am Grundkörper bis zur ersten Raste herausgezogen (Stellung 2 zum Meßverstärker) und die Helligkeit am Drehspulinstrument des Meßverstärkers abgelesen.

Gemessen wurde 25 min. lang nach 2, 5, 10, 15, 20 und nach 25 min. Die anfangs durchgeführte Messung nach 30 min. zeigte eine so geringe Differenz gegenüber der Messung nach 25 min., die unter der Meßgenauigkeit lag. Das Nachdunkeln der Farbschicht spielt wegen der minimalen Schichtdicke über und unter dem Haar keine wesentliche Rolle (24).

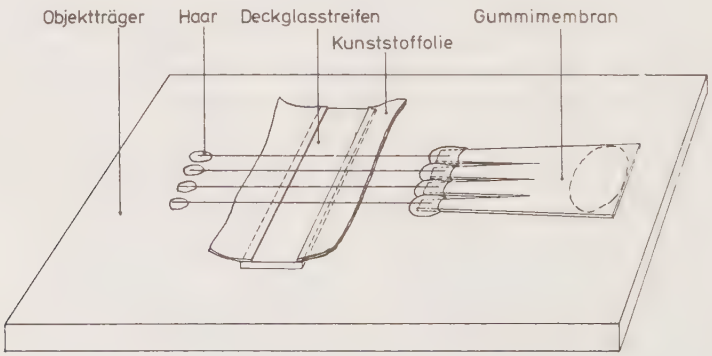

Abb. 1. Mikroskopisches Haarschaftpräparat

III. ERGEBNISSE

Die Tabellen 1-4 geben die Helligkeitsmessungen der 30 Versuche wieder.

In den Tabellen 5-8 wird die Anfärbung $\triangle H$ in den Zeitintervallen 2-10 min., 10-15 min., 15-20 min., 20-25 min. und die Gesamtanfärbung in der Zeit von 2-25 min. wiedergegeben.

In Abb. 2 werden die mittlere Anfärbung des Kontrollhaares und die davon abweichenden Werte der geschädigten Haarabschnitte graphisch dargestellt.

Zeit (min.) Haar	2	10	15	20	25
1	76	62	48,5	39,5	35
2	66	40	25	19	18,5
3	103	84	76	58	48
4	71	39	30	24,3	20,5
5	80	49,5	32,5	23,8	17
6	97	71,5	52	37	26
7	51	30	25,5	21,6	18,7
8	57	30,3	10	7,6	6,4
9	28,5	17,5	14	12	10,6
10	62	36,5	12,6	9,2	8
11	42,5	28,5	21	13,6	11
12	55	33	21,5	15	11,6
13	28,5	14	12	9,1	8,5
14	49	22	16	12	10
15	98	92	88	69	53
16	44	15,7	12,3	11,3	10,7
17	60	26	19,8	15,8	12,6
18	47	21,8	14,5	12	9,8
19	100	65	48,5	36,5	27,5
20	58,5	21,5	17,7	15,2	14,4
21	26	18,5	16,5	14,5	13,8
22	75	34	22	16	13,3
23	35	15	9,8	7,7	6,4
24	27	8,5	6,5	5,2	4,2
25	28	17	12,6	9,4	7,4
26	67	47	38	31	25
27	55	45	40	35,5	31,5
28	38	12,8	8,2	6,2	5,2
29	30	10	6,6	6	6
30	43	24,5	19,6	15,8	12,5

Tabelle 1. Gemessene Lichtdurchlässigkeit der ungeschädigten Haarabschnitte

Zeit (min.) Haar	2	10	15	20	25
1	69	40,5	28	21	17,5
2	102	38,5	26	20,3	18,5
3	92	65	59	47	33,5
4	62	41,5	27	23	19
5	82	43	23,5	16	12,5
6	94	55,5	36,5	25,3	19
7	58,7	27	22,5	19,7	17,5
8	58	17	11,6	8,5	7,2
9	33,3	17	15	11,4	11
10	66	19	12,5	10	8,5
11	46,5	22	14	9	7
12	48,5	25	15,4	11	7,8
13	33	17,7	13,3	11,4	10,7
14	80	34,5	22	14,5	10,5
15	90	51	37	28,5	21,6
16	43	15	11,8	10,5	10
17	54	18	13	10,8	9,2
18	56	26	17,5	14	11
19	88	65	55	44	33
20	72	22	15,3	13,1	11,4
21	35	18,5	17,5	16,7	16
22	75	38	26	19,5	16
23	41	18,3	11	7,6	5,8
24	23	8,5	7,4	6	4,8
25	30	18,5	13,5	10	7,8
26	74	45	33	24	20
27	50	31	25	20	17
28	34	11,5	9,8	7	6,6
29	42	14,5	9,4	6,6	6
30	66	9,6	5,8	5	4,9

Tabelle 2. Gemessene Lichtdurchlässigkeit der UV-geschädigten Haarabschnitte

Zeit (min.) / Haar	2	10	15	20	25
1	48	26	13,5	9	7,8
2	92	42	31,3	24,3	21,8
3	76	40,5	38	33	27
4	64	35	27,3	21,5	18,5
5	68	35	29	18	13,3
6	87	63	44,5	35	26
7	46	25,3	19,6	17	15,2
8	62	21,3	12,2	9,2	7,6
9	29	18	13,6	11	10
10	64	23	15,5	12,3	11
11	45	23	15	11	8,4
12	42	21,2	15	11	9
13	40	22	16	12,8	10,4
14	47	18,6	13	9,5	8,2
15	100	63	48	38	31,5
16	41	25	20	17,3	15,5
17	54	19	14	10,8	8,6
18	52	25,5	17,3	13,8	10,2
19	80	42	31,5	23,5	17,5
20	69	27	20,3	17	14,7
21	36	15,3	13,5	12,5	11,5
22	52	22,5	15,3	12	11,2
23	43	18	9,8	6,5	4,1
24	19	5,8	4,8	4,3	3,8
25	39	19,5	13,7	10,5	7,4
26	57	27	19,3	15,6	13
27	51	38,5	33	29	25,5
28	39	12,4	8,2	6,8	5,7
29	29	9,2	6,7	6	6
30	64	20	12,5	9,2	7,5

Tabelle 3. Gemessene Lichtdurchlässigkeit der durch Na-Laurylsulfat geschädigten Haarabschnitte

Zeit (min.) Haar	2	10	15	20	25
1	84	64	56	48	42
2	113	40	30	22,5	20
3	93	64,5	49	40	31
4	75	43	31,5	25	20,5
5	81	53	37,5	26	18,5
6	100	55	35	21,7	16,5
7	57,5	30	24	20,3	16,2
8	66	24,3	13,6	10	8,2
9	26	21	17,3	14,4	13
10	68	25	15,5	10,8	9
11	44,5	24	20	15,5	13,5
12	51	31	22	16,3	12,4
13	27	12	10,2	8,3	8
14	45	22	17	12	10
15	84	56	43	33	27,5
16	47	18,5	14,2	12,8	11,7
17	55	21	16	12	11
18	52	25	16	12	9,4
19	84	56	40,5	29	22,5
20	65	28	20,5	15,5	14,2
21	35	19	18,5	17,5	16,6
22	65	28	19	14	12,7
23	39	15	9	6,8	5,5
24	25	9,5	7,4	6,4	5
25	37	22,5	16,5	12,3	9
26	58	48	39	33	31
27	54	46	41,5	38	34
28	40	9,6	6	4,3	3,7
29	30	10,3	7,2	6	6
30	58	19	13,2	10,5	9

Tabelle 4. Gemessene Lichtdurchlässigkeit der durch Schmierseifenlösung geschädigten Haarabschnitte

Zeit (min.) Haar	2-10	10-15	15-20	20-25	2-25
1	14	13,5	9	4,5	41
2	26	15	6	0.5	47,5
3	19	8	18	10	55
4	32	9	5,7	3,8	50,5
5	30,5	17	8,7	6,8	63
6	25,5	19,5	15	11	71
7	21	4,5	3,9	2,9	32,3
8	22,7	24,3	2,4	1,2	50,6
9	11	3,5	2	1,4	17,9
10	25,5	23,9	3,4	1,2	54
11	14	7,5	7,4	2,6	31,5
12	22	11,5	6,5	3,4	43,4
13	14,5	2	2,9	0,6	20
14	27	6	4	2	39
15	6	4	19	16	45
16	28,3	3,4	1	0,6	33,3
17	34	6,2	4	3,2	47,4
18	25,5	7,3	2,5	2,2	37,2
19	35	16,5	12	9	72,5
20	37	3,8	2,5	0,8	44,1
21	7,5	2	2	0,7	12,2
22	41	12	6	2,7	61,7
23	20	5,2	2,1	1,3	28,6
24	18,5	2,0	1,3	1	22,8
25	11	4,4	3,2	2	20,6
26	20	9	7	6	42
27	10	5	4,5	4	23,5
28	25,2	4,6	2	1	32,8
29	20	3,4	0,6	0	24
30	18,5	4,9	3,8	3,3	30,5
$\Delta\bar{H}$	22,1	8,6	5,6	3,5	39,8

Tab. 5 Anfärbung ΔH der Kontrollgruppe und ihre mittlere Anfärbung $\Delta\bar{H}$

Zeit (min.) Haar	2-10	10-15	15-20	20-25	2-25
1	28,5	12,5	7	3,5	51,5
2	63,5	12,5	5,7	1,8	83,5
3	27	6	12	13,5	58,5
4	20,5	14,5	4	4	43
5	39	19,5	7,5	3,5	69,5
6	38,5	19	11,2	6,3	75
7	31,7	4,5	3,1	2,2	41,2
8	41	5,4	3,1	1,3	50,8
9	16,3	2	3,6	0,4	22,3
10	47	6,5	2,5	1,5	57,5
11	24,5	8	5	2	39,5
12	23,5	9,6	4,4	3,2	40,7
13	15,3	4,4	1,9	0,7	22,3
14	45,5	12,5	7,5	4	69,5
15	39	14	8,5	6,9	68,4
16	28	3,2	1,3	0,5	33
17	36	5	2,2	1,6	44,8
18	30	8,5	3,5	3	45
19	23	10	11	11	55
20	50	6,7	2,2	1,7	60,6
21	16,5	1	0,8	0,7	19
22	37	12	6,5	3,5	59
23	22,7	7,3	3,4	1,8	35,2
24	14,5	1,1	1,4	1,2	18,2
25	11,5	5	3,5	2,2	22,2
26	29	12	9	4	54
27	19	6	5	3	33
28	22,5	1,7	2,8	0,4	27,4
29	27,5	5,1	2,8	0,6	36
$\Delta\bar{H}$	30,8	8	4,8	3	46,6

Tab. 6 Anfärbung ΔH der UV-geschädigten Haare und ihre mittlere Anfärbung $\Delta\bar{H}$

Zeit (min.) Haar	2-10	10-15	15-20	20-25	2-25
1	22	12,5	4,5	1,2	40,2
2	50	10,7	7	2,5	70,7
3	35,5	2,5	5	6	49
4	29	7,7	5,8	3	45,5
5	33	6	11	4,7	54,7
6	24	18,5	9,5	9	61
7	20,7	5,7	2,6	1,8	30,8
8	40,7	9,1	3	1,6	54,4
9	11	4,4	2,6	1	19
10	41	7,5	3,2	1,3	53
11	22	8	4	2,6	36,6
12	20,8	6,2	4	2	33
13	18	6	3,2	2,4	29,6
14	28,7	5,6	3,5	1,3	38,8
15	37	15	10	6,5	68,5
16	16	5	2,7	1,8	25,5
17	35	5	3,2	2,2	45,4
18	26,5	8,2	3,5	3,6	41,8
19	38	10,5	8	6	62,5
20	42	6,7	3,3	2,3	54,3
21	20,7	2	1	1	24,5
22	29,5	7,2	3,3	0,8	40,8
23	25	8,2	3,3	2,4	38,9
24	13,2	1	0,5	0,5	15,2
25	19,5	5,8	3,2	3,1	31,6
26	30	7,7	3,7	2,6	44
27	12,5	5,5	4	3,5	25,5
28	26,6	4,2	1,4	1,1	33,3
29	19,8	2,5	0,7	0	23
30	44	7,5	3,3	1,7	56,5
$\Delta\bar{H}$	27,7	7,1	4,1	2,7	41,6

Tab. 7 Anfärbung ΔH der durch Na-Laurylsulfat-Lösung geschädigten Haare und ihre mittlere Anfärbung $\Delta\bar{H}$

Zeit (min.) Haar	2-10	10-15	15-20	20-25	2-25
1	20	8	8	6	42
2	73	10	7,5	2,5	93
3	28,5	15,5	9	9	62
4	32	11,5	9	9	62
5	28	15,5	11,5	7,5	62,5
6	45	20	13,3	5,5	83,5
7	27,5	6	3,7	4,1	41,3
8	41,7	10,7	3,6	1,8	57,8
9	5	3,7	2,9	1,4	13
10	43	9,5	4,7	1,8	59
11	20,5	4	4,5	2	31
12	20	9	5,7	3,9	38,6
13	15	1,8	1,9	0,3	19
14	23	5	5	2	35
15	28	13	10	5,5	56,5
16	28,5	4,3	1,4	1,1	35,3
17	34	5	4	1	44
18	27	9	4	2,6	42,6
19	28	15,5	11,5	6,5	61,5
20	37	7,5	5	1,3	50,8
21	16	0,5	1	0,9	18,4
22	37	9	5	1,3	52,3
23	24	6	2,2	1,3	33,5
24	15,5	2,1	1	1,4	20
25	14,5	6	4,2	3,3	28
26	10	9	6	2	27
27	8	4,5	3,5	4	20
28	30,4	3,6	1,7	0,6	36,3
29	19,7	3,1	1,2	0	24
30	39	5,8	2,7	1,5	49
$\Delta\bar{H}$	27,3	7,8	5,1	2,9	43,1

Tab. 8 Anfärbung ΔH der durch Schmierseifenlösung geschädigten Abschnitte und ihre mittlere Anfärbung $\Delta\bar{H}$

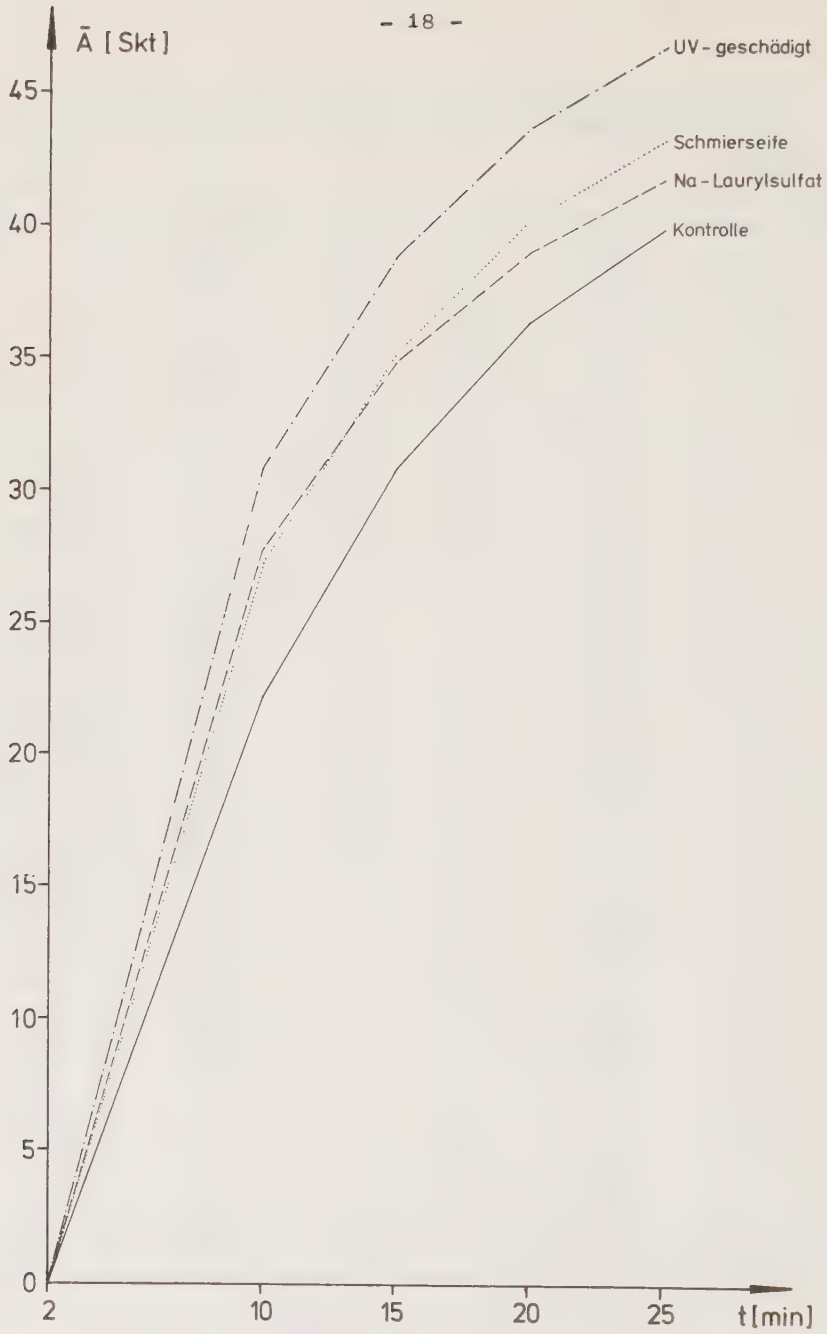

Abb. 2. Anfärbung Ā der verschieden behandelten Haarschäfte

IV. PRÜFUNG DER SIGNIFIKANZ (4, 17)

Bei dem Versuch handelt es sich um eine Analysenmethode bei der es möglich ist, mehrere Untersuchungen am gleichen Substrat, einem Teil des Haarschaftes von 4,8 cm Länge, durchzuführen. Hierdurch wurde die Macht der Prüfung bedeutend vergrößert, da an Stelle der Differenz zweier Mittelwerte e i n aus der Summe der Paardifferenzen errechneter Mittelwert getestet wurde (17). Zur Bestimmung der Signifikanz wurde die Bestimmungsgröße t nach folgender Formel berechnet:

$$t = \frac{\bar{U}}{s_U} \sqrt{N - 1}$$

wobei $$\bar{U} = \frac{\sum (x_i - y_i)}{N}$$

und s_U die Standardabweichung von U ist.
Die Signifikanz des Unterschiedes wurde aus der Tabelle der Signifikanzschranken der Studentverteilung (4) entnommen. Bei einem Freiheitsgrad von N-1 = 29 gilt:

		t	2,0425	: nicht signifikant (-)
2,0425	=	t	2,462	: signifikant (+)
2,462	=	t	2,756	: sehr signifikant (++)
2,7564	=	t		: hoch signifikant (+++)

Die Ergebnisse der Signifikanzprüfung sind in Tab. 9 wiedergegeben. Dabei ist zu berücksichtigen, daß aus der Tatsache, daß der Unterschied nicht signifikant ist, nicht geschlossen werden darf, daß er sicher nicht besteht.

Zeit (min.) Vergleich		2-10	10-15	15-20	20-25	2-25
K - UV	$\bar{U}$	-8,75	0,65	0,84	0,52	-6,72
	s_U^2	12,26	5,67	2,65	2,30	11,67
	t	3,90	0,63	1,74	1,24	3,16
	sig.	+++	-	-	-	+++
K - NaL	$\bar{U}$	-5,66	1,55	1,48	0,87	-1,74
	s_U^2	10,09	5,46	3,24	2,28	10,67
	t	3,07	1,56	2,50	2,10	0,89
	sig.	+++	-	++	+	-
K - SS	$\bar{U}$	-5,23	0,83	0,54	0,64	-3,22
	s_U^2	11,63	4,67	2,62	2,45	10,75
	t	-2,46	0,97	1,13	1,42	-1,67
	sig.	++	-	-	-	-
UV - L	$\bar{U}$	3,09	0,90	0,64	0,35	4,99
	s_U^2	7,62	3,61	2,23	2,06	8,91
	t	2,22	1,36	1,53	0,94	3,07
	sig.	+	-	-	-	+++
UV - SS	$\bar{U}$	3,52	0,17	-0,30	0,12	3,51
	s_U^2	8,37	3,38	1,74	2,45	10,40
	t	2,30	0,28	-0,94	0,94	1,85
	sig.	+	-	-	-	-
L - SS	$\bar{U}$	0,43	-0,73	-0,94	- 0,24	-1,48
	s_U^2	8,54	3,61	1,41	1,62	9,35
	t	0,28	-1,11	-3,67	- 0,80	- 0,87
	sig.	-	-	+++	-	-

Tab. 9 Prüfung der Signifikanz des unterschiedlichen Anfärbeverhaltens. K = Kontrollgruppe, Na - L = mit Natriumlaurylsulfat behandeltes Haar, SS = mit Schmierseife behandeltes Haar, sig. = Signifikanz

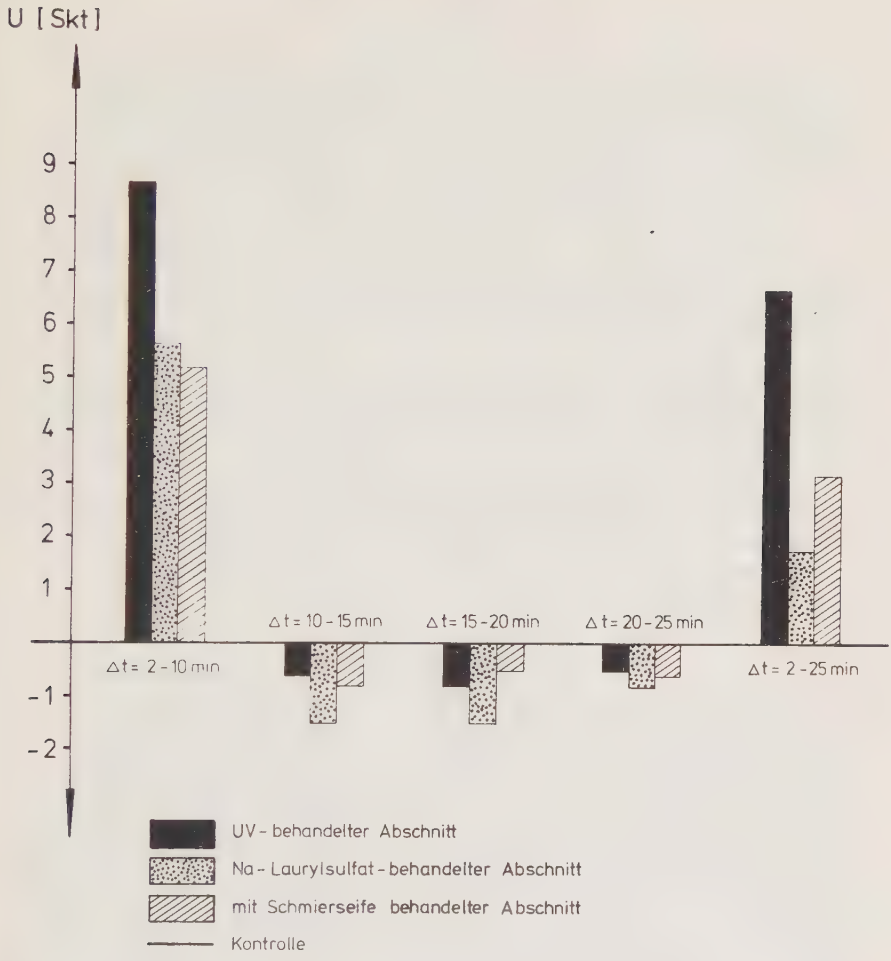

Abb. 3. Unterschied U der Anfärbung der geschädigten Haare gegenüber der Kontrolle

V.DISKUSSION

Der Vergleich der Kurven in Abb. 2 zeigt, daß sich UV-behandeltes Haar am stärksten und am schnellsten anfärben läßt. Dieses Ergebnis stimmt mit den Untersuchungen von TRONNIER und KUHN-BUSSIUS (24) überein. Die Anfärbbarkeit von Haaren, die mit Na-Laurylsulfatlösung und der Gruppe, die mit Schmierseifenlösung behandelt wurden, sind deutlich gegenüber der Kontrollgruppe erhöht. Der Unterschied ist jedoch nur bei der Gruppe der UV-geschädigten Haare gesichert (Tab. 9).
Abb. 3 macht jedoch deutlich, daß sich die behandelten Haare in der Anfangsphase t = 2-10 min. des Färbevorganges signifikant schneller als die Kontrollgruppe anfärben. In der Zeit von 10-25 min. färbt sich dann das unbehandelte Haar schneller an als die geschädigten Haare. Hierdurch wird der Unterschied in der Gesamtanfärbung verringert. Man sollte daher bei der Auswertung neben der Gesamtanfärbung besonders den Anfangsbereich berücksichtigen, da außerdem hier die Anfärbung noch linear verläuft.

ZUSAMMENFASSUNG

Die angegebene Methode ermöglicht es, Haarschädigungen, die durch chemische und physikalische Mittel künstlich erzeugt wurden, quantitativ nachzuweisen. Sie hat den Vorteil, daß man mit relativ einfachen Mitteln routinemäßig Haare untersuchen kann. Da verschiedene Versuche an einem kleinen Haarschaftteil durchzuführen sind, spielt die Variabilität der Haare keine so große Rolle. Dies erlaubt es mit verhältnismäßig kleinen Versuchsreihen statistisch signifikante Aussagen zu machen. Die Methode hat allerdings den Nachteil, daß sie bei natürlichen und künstlich gefärbten braunen bis schwarzen Haaren nicht anzuwenden ist.

VI .LITERATURVERZEICHNIS

(1) BEYERSDORFER, K., FRIEDERICH, H. C. und RUTHER, H.: Über eine einfache Methode zur indirekten Darstellung des Haaroberhäutchens am menschlichen Haar. Derm. Wschr. 123, 580-581 (1951).

(2) BÖHME, W.: Physikalische und papierchromatographische Untersuchungen an gesunden und kranken menschlichen Haaren. Diss. 1961/1962 - Hautklinik Med. Akad. Düsseldorf.

(3) BUCHER, O.: Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. Hans Huber Verlag, Bern, 1962.

(4) Documenta GEIGY: Wissenschaftliche Tabellen, 7. Auflage. Signifikanzschranken der Studentverteilung, Statistik.

(5) FREYTAG, H.: Über die Variabilität der Haare, ihre Ursache und die Möglichkeit ihrer Erfassung. Fette, Seifen, Anstrichmittel 56, 415-421 (1954).

(6) FREYTAG, H.: Beiträge zur Kenntnis des physikalischen und chemischen Verhaltens von Humanhaaren. Parfümerie und Kosmetik 41, 403-408 (1960).

(7) FREYTAG, H.: Methoden zur Untersuchung des Humanhaares. Parfümerie und Kosmetik 40, 438-443 (1959).

(8) FRIEDERICH, H. C.: Erkrankungen der Haare und des Haarbodens beim Menschen - in Gottron - Schönfeld: Dermatologie und Venerologie Bd. III, Teil 2 (1962).

(9) FRIEDERICH, H. C.: Die Schichten des menschlichen Haarschaftes unter besonderer Berücksichtigung ihrer funktionellen Bedeutung. Parfümerie und Kosmetik 40, 149-214 (1959).

(10) HEILINGÖTTER, R.: Fette, Seifen, Anstrichmittel 55, 868 (1953) zit. in (6).

(11) HIRSCH, F.: Das Haar des Menschen, Haug Verlag - Ulm 1956.

(12) KEIL, F.: Über mikroskopische Haaruntersuchungen. Parfümerie und Kosmetik 41, 266-267 (1960).

(13) KEINING, E. und BRAUN-FALKO, O.: Dermatologie und Venerologie, J. F. Lehmanns Verlag - München 1961.

(14) KLEMM, E. J., HAEFELE, J. W. und THOMAS, A. R.: The swelling behavior of hair fibers un lithium bromide. Proc. sci. Sect., Toilet Goods Assoc. 43, 7-13 (1965).

(15) LUDWIG, E.: Sinn und Unsinn der Haardiagnostik. Med. Klin. 55, 9-13 (1960).

(16) MICHEL, K.: Die wissenschaftliche und angewandte Photografie Bd. X, die Mikrophotografie, Springer Vlg. Wien 1957.

(17) Olivetti Programma 101, Statistische Programmsammlung.

(18) PREISINGER, S., DRAEGER, H.: Mikroskopische Beobachtungen von Färbevorgängen am menschlichen Haar. Seife, Öle, Fette, Wachse 38, 301-304 (1957).

(19) PREISINGER, S.: Haarfärben unter dem Mikroskop. Parfümerie und Kosmetik 39, 219-227 (1958).

(20) RICHTER, R.: Die Haare, in Jaddason, J. - Handbuch der Haut und Geschlechtskrankheiten - Ergänzungswerk Band F/3 Springer Vlg. Berlin 1959.

(21) SAXINGER, : Tierzüchtung und Züchtungsbiologie - Berlin 1921.

(22) SCHRÖDER, A.: Ist die Unterscheidung des Menschen- und Tierhaares durch Untersuchung des Cuticula möglich. Dtsch. Zschr. für die gesamte gerichtl. Med. 15, 127 (1930).

(23) TRONNIER, H., HÜSKE, G.: Methodische Untersuchungen zur registrierbaren Schnellprüfung keratolytischer und keratinverfestigender Stoffe. Parfümerie und Kosmetik 39, 507-510 (1958).

(24) TRONNIER, H., KUHN-BUSSIUS, H.: Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung von UV-Strahlen auf Haare. Ann. ital. Derm. clin. Sperimentale 16, 128-138 (1961/62).

(25) UNNA, P. G.: Histochemie der Haare, G. Fischer Verlag 1926.

(26) WAGGONER, W. C. und SCOTT, G. V.: Messungen der Rauhigkeit von Haare. J. Soc. Cosmet. Chem. 17, 171 (1966).

(27) WALDEYER, W. von : Atlas der menschlichen und tierischen Haare, Lahr 1884.

Lebenslauf

Am 4. Juni 1941 wurde ich, Heinz Gnirke, in Crossen / Oder geboren. Ich besitze die deutsche Staatsangehörigkeit. Von 1947 bis 1953 besuchte ich die Volksschule, von 1953 bis 1962 das Gymnasium Stuttgart-Vaihingen, an dem ich die Reifeprüfung ablegte.

Nach zweijähriger Militärdienstzeit, 1962-1964, begann ich an der Eberhard-Karls-Universität, Tübingen, Zahnmedizin zu studieren. Ich bestand hier 1967 die zahnärztliche Vorprüfung, im Frühjahr 1970 das zahnärztliche Staatsexamen.